·教学改革·

基于系统整合的《基础医学综合实验》教学改革与实践

李轩　姚娟　杨艺　吴冰　熊加祥　李红丽
陆军军医大学基础医学院基础医学教学实验中心，重庆 400038
通信作者：李红丽，Email：lihongli@tmmu.edu.cn

【摘要】 目的　构建基于系统整合的《基础医学综合实验》课程体系，探索多元化虚实融合的混合式教学，为综合实验教学改革和医学人才培养提供经验和借鉴。**方法**　结合虚拟仿真实验等数字教学资源，以“器官系统”知识体系为导向重构教学内容，构建多层次、多学科交叉的教学团队，实践虚实融合的混合式教学模式。选取2021级临床医学专业学生为试验组（114人），2019级临床医学专业学生（113人）为对照组。试验组采用系统整合的实验内容和混合式教学模式，对照组采用传统的实验内容和教学模式，比较两组学生的课程成绩（理论成绩、操作成绩和总成绩），并调查2021级学生对虚实融合和混合式教学的满意度。采用SPSS 25.0进行独立样本t检验。**结果**　试验组理论成绩高于对照组[（76.99 ± 5.62）分 vs.（73.23 ± 7.6）分，P=0.001]；两组的操作成绩[（89.30 ± 8.95）分 vs.（89.27 ± 8.50）分]和总成绩[（83.38 ± 7.20）分 vs.（81.27 ± 7.92）分]差异无统计学意义（P>0.05）。试验组中92.11%（105/144）的学生认为课程中融入虚拟仿真实验有利于激发学习兴趣和积极性，91.23%（104/114）的学生认为有利于对实验内容和实验技能的理解和掌握；通过本课程的学习，学生认为获得的能力提升：团队协作能力（91.23%，104/114），分析和解决问题能力（78.95%，90/114），综合实验能力（77.19%，88/114），医学职业素养（69.30%，79/114），科研创新能力（58.77%，67/114）。**结论**　本次教学改革通过对课程内容和教学模式的创新探索与实践，优化了教学内容和教学环节，有效提升了学生的知识掌握水平和综合应用能力。

【关键词】 综合实验；　系统整合；　混合式教学；　实验教学
【中图分类号】 R33；R-0；R-4
基金项目：重庆市高等教育教学改革研究重大项目（231040）；高等教育教学改革研究揭榜挂帅项目（PY202478）
DOI：10.3760/cma.j.cn116021-20250328-02284

Teaching reform and practice of the course *Comprehensive Experiment of Basic Medicine* based on systematic integration

Li Xuan, Yao Juan, Yang Yi, Wu Bing, Xiong Jiaxiang, Li Hongli
Experimental Center of Basic Medicine, College of Basic Medical Sciences, Army Medical University, Chongqing 400038, China
Corresponding author: Li Hongli, Email: lihongli@tmmu.edu.cn

【Abstract】 Objective　To construct a Comprehensive Experiment of Basic Medicine course system based on systematic integration, investigate a diversified blended teaching model that integrates virtual and real elements, and provide experience and reference for the reform of comprehensive experimental teaching and the cultivation of medical talents. **Methods**　By integrating digital teaching resources such as virtual simulation experiments, we restructured the teaching content based on the "organ systems" knowledge framework, built a multi-tiered and interdisciplinary teaching team, and implemented a blended teaching model that combines virtual and real-world elements. Students majoring in clinical medicine enrolled in 2021 were selected as the experimental group (114 students), and those enrolled in 2019 were assigned to the control group (113 students). The experimental group received systematically integrated experimental content and a blended teaching model, while the control group received traditional experimental content and teaching model. The course scores of the two groups of students (theoretical scores, practical scores, and total scores)

were compared. The satisfaction of students enrolled in 2021 with the integration of virtual and real elements and the blended teaching model was investigated. SPSS 25.0 was used for independent samples *t* test. **Results** The theoretical score of the experimental group was significantly higher than that of the control group [(76.99 ± 5.62) vs. (73.23 ± 7.60), *P*=0.001]. There were no significant differences in the practical scores [(89.30 ± 8.95) vs. (89.27 ± 8.50)] and total scores [(83.38 ± 7.20) vs. (81.27 ± 7.92)] between the two groups (*P*>0.05). Among the students in the experimental group, 92.11% (105/144) believed that integrating virtual simulation experiments into the course was conducive to stimulating learning interest and enthusiasm, and 91.23% (104/114) believed that this approach improved their understanding and mastery of the experimental content and experimental skills. Students reported improvements in various abilities after the course, including teamwork ability (91.23%, 104/114), ability to analyze and solve problems (78.95%, 90/114), comprehensive experimental ability (77.19%, 88/114), medical professional quality (69.30%, 79/114), and scientific research and innovation ability (58.77%, 67/114). **Conclusions** Through the innovative exploration and practice of course content and teaching models in this teaching reform, the teaching content and teaching links were optimized, effectively improving student knowledge acquisition and comprehensive application abilities.

【**Key words**】 Comprehensive experiment; System integration; Blended teaching; Experimental teaching

Fund program: Chongqing Higher Education Teaching Reform Major Project (231040); Higher Education Teaching Reform Research Leading Project (PY202478).

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20250328-02284

《基础医学综合实验》是整合基础医学知识、临床基本技能与科研实验技术的一门独立的实验课程，旨在培养本科生创新思维与实践应用能力，是连接基础医学、临床实践和科学研究的重要桥梁[1-2]。“新医科”背景下，要求培养知识体系广泛、多学科交叉融合的高素质医学人才[3-4]，但传统的综合实验教学模式受实验设备、场地、成本等因素限制，难以满足新医科人才培养需求，构建交叉学科有机融合的课程体系、探索更有效的教学模式、提升课程综合性和高阶性势在必行[5-6]。近年来，我校基础医学教学实验中心大力加强数字化实验教学资源建设，在《基础医学综合实验》课程改革中，将虚拟仿真实验与传统教学相结合，构建基于系统整合的综合实验课程体系，引入多元化教学模式开展混合式实验教学，探索该教学模式的可行性与教学效果。

1　构建基于系统整合的基础医学综合实验课程内容体系

1.1　以知识体系为导向整合课程内容

基础医学综合实验区别于传统的验证性实验，以培养学生自主思考能力、临床诊断思维和科研创新思维能力为目标，要求学生能够整合知识体系，分析解决实际问题。我校在基础医学综合实验课程体系重构中，将原有的综合实验内容进行重组优化，结合虚拟仿真实验，以急性疾病模型或科学研究前沿为牵引，“器官-系统”为导向，将课程内容整合为循环、呼吸、泌尿、神经系统四大知识体系，实验融合人体解剖学、组织学与胚胎学、生理学、病理学、病理生理学及药理学等多学科基础知识和实验技术，内容涵盖从形态到功能、从组织到病理，从生理到病理生理，从疾病的临床表现到救治（图 1）。课程构建注重交叉学科的有机融合，知识学习的系统性，分析运用的综合性，从技能学习、知识整合到综合运用多学科知识和技术分析解决实际问题，逐步培养学生的实践能力和创新能力。

1.2　结合虚拟仿真实验和数字化教学资源，探索虚实融合的实验教学模式

虚拟仿真实验作为一种数字化教学资源，广泛应用于实验教学，突破了传统教学模式的限制，拓展了教学内容的广度和深度、延伸了教学的时间和空间[7-9]。我校基础医学教学实验中心优化整合基础医学各学科实验平台建设和共享，构建了形态学虚拟仿真实验，包括解剖、组织胚胎学、病理学、微生物学、人体寄生虫学学科的高清数字切片和3D数字标本虚拟仿真实验教学系统，搭建了基础医学虚拟仿真实验教学平台，建成了一系列机能学、形态学、分子生物学、遗传学等虚拟仿真实验和实验微课[10-11]，为数字化教学改革奠定了坚实基础（图 2）。在《基础医学综合实验》课程建设和实验教学改革

中，我校将虚拟仿真实验与传统实验结合，把各学科的基础知识和实验技术有机融入综合实验教学体系，提升课程的综合性和高阶性。主要体现在以下几个方面：①完善实验知识体系，强化系统性思维。改革前的综合实验偏向于机能综合实验，在课程整合中，通过融入形态学和细胞分子学虚拟仿真实验完善系统实验的知识体系，使学生能够从多个层面理解系统的结构和功能，形成更加全面、深入的知识体系，进而有效提升学生的系统性思维。②拓展实验内容广度与深度，培养临床与科研素养。通过临床疾病模型实验帮助学生更好地理解从正常生理状态到临床疾病的发生发展机制，以及相应诊断和治疗；引入科学前沿技术相关实验拓展学生医学前沿研究和实验技术知识视野，提升学生的临床、科研思维和创新意识。③借助与实体实验同步的虚拟仿真实验指导实验操作，提高学生的实验效率和对实验技能的掌握。

1.3　构建多层次、多学科交叉的教学团队，培养学生实践能力和创新能力

基础医学综合实验教学体系的构建，不仅体现在课程内容综合和教学资源的集成上，教师团队的多元化也极为重要[12]。基础医学教学实验中心在整合各学科实验教学的基础上，构建了“形态+机能”“资深教授+年轻教师”的多层次、多学科交叉的教学团队。资深教授通过整合系统知识，梳理出局部与系统、正常与疾病的关联，以联系临床和应用的

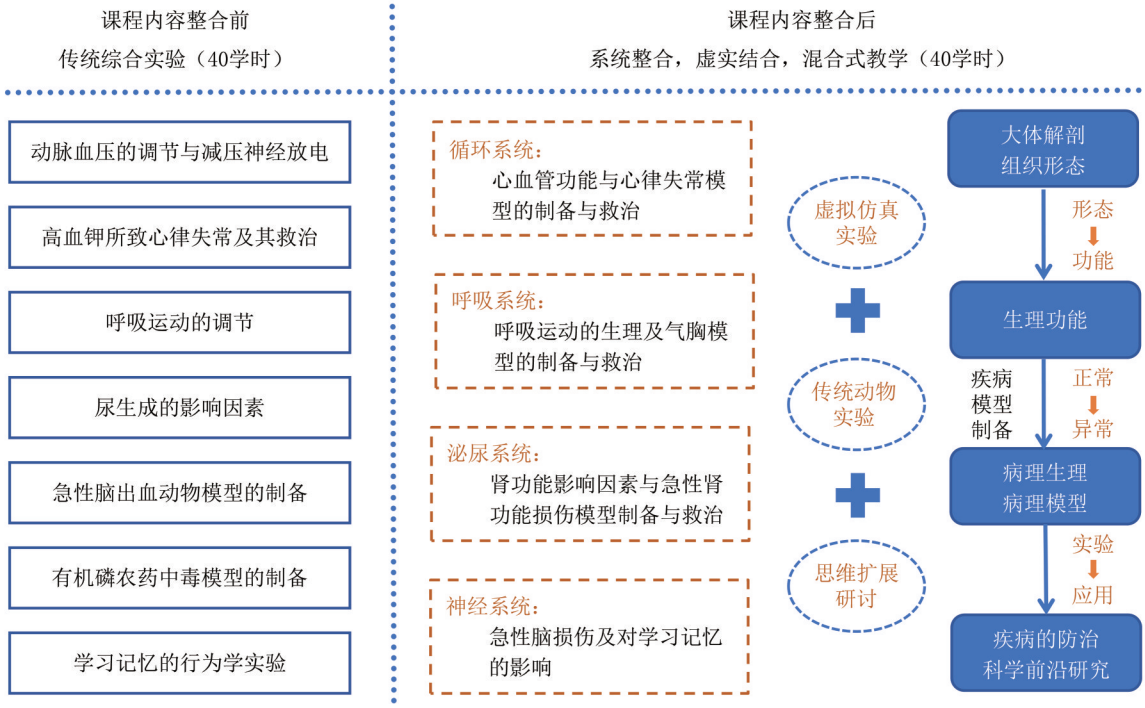
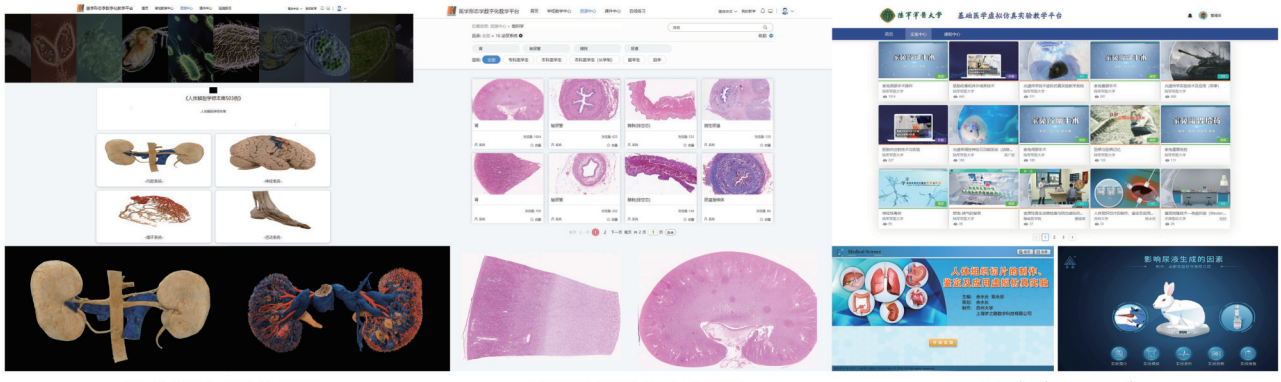


图1　课程内容整合重构示意图



3D数字标本教学系统　　高清数字切片教学系统　　虚拟仿真教学平台

图2　虚拟仿真实验建设示例图

案例为牵引，启发学生融会贯通知识体系和实验技术，分析解决实际问题，培养学员的分析解决问题的能力和创新思维能力。年轻教员运用多元化教学手段，布置学习任务，指导开展实验，让学生在实验过程中掌握实验方法和实验技术、了解研究前沿知识，培养学生的科研思维和实践能力。

2　虚实融合的混合式教学实践

以“肾功能影响因素与急性肾功能损伤”实验教学为例，课程学时为10学时，整个实验教学过程采用虚实结合的教学模式，以教师为主导，以学生为主体，分为集中讲解、虚实混合实验、课堂研讨3个课堂模块和1个课外创新实践模块（图3）。课程系统整合后的实验环节包括：①系统讲解，由教师系统性讲解泌尿系统-肾脏的基础医学知识；②肾脏正常形态、功能的观察与实验；③肾脏疾病模型制备及救治；④课堂研讨，以临床病例或科学前沿为牵引，结合本次实验内容进行综合分析讨论；⑤自主创新实验，根据教师布置的开放性问题，自主开展创新实验。实验课程以小班教学形式开展，每个实验班分为5~6个实验小组，每个实验小组4人，在实验操作和课堂研讨都以小组为单位进行，保证每个学生都能充分地融入实验。

2.1　系统讲解

《基础医学综合实验》的授课对象为临床医学二年级下学期的学生，前期已经完成了人体解剖学、组织胚胎学、细胞生物学、生理学等基础医学课程，同学期开展的还有病理生理学、药理学、病理学课程，具备一定医学基础，只是前期课程以学科分类学习为主，知识的理解和掌握缺乏系统性。因此，在课堂的第一部分分配0.5学时，由教师进行系统性讲解，结合基础医学知识和临床案例，梳理肾脏由形态到功能，由正常到异常，最后到临床疾病的诊断和救治，使学生们建立相应的知识体系和系统性思维。

2.2　肾脏正常形态、功能的观察与实验

这一模块分配4.5学时，采用虚实结合的方式进行，主要分为2个部分：第一部分是正常肾脏形态观察（0.5学时）；第二部分是肾脏泌尿功能观察（4学时）。

在第一部分中，学生通过形态学虚拟仿真实验系统性学习肾脏的大体和细胞形态。学生在前期的胞形态在前期的解剖学和组织学课程中已分别学习了肾脏的大体解剖和组织细胞基础知识，在本次实验中由教师有针对性地布置学习任务，帮助学生系统性地回顾相关知识点。学生通过教学实验中心构建的形态学3D数字标本教学系统，形态学高清数字切片教学系统复习肾脏器官的大体形态和组织形态。

在第二部分中，学生通过家兔实验，学习观察肾脏的泌尿功能。教师布置实验任务，结合虚拟仿真实验、操作视频、教学PPT或现场示教指导实验操作。学生以4人为小组，小组成员按照临床手术分工，分为主刀、一助、麻醉和巡回，合作完成实验操作。在此部分，要求学生能够掌握家兔动物实验操作技能，包括麻醉、气管插管；动物血压记录方法

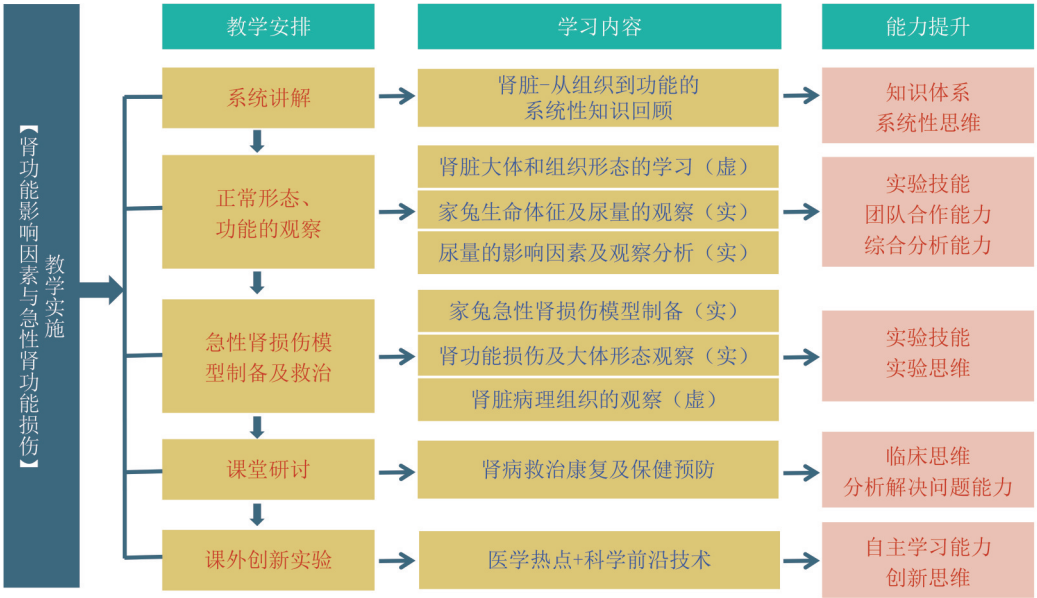


图3　基础医学综合实验“肾功能影响因素与急性肾功能损伤”系统整合的教学设计

（动脉插管记录血压）；动物尿量记录方法（膀胱插管、输尿管插管），通过小组实验，提升学生的团队合作能力和岗位责任感，通过实验数据记录和分析，提升综合运用医学知识分析问题的能力。

2.3　肾脏疾病模型制备及救治

疾病模型模块分配3学时，采用虚实结合的方式进行。首先，采用家兔制备急性肾衰模型，观察急性肾衰后肾脏泌尿功能的变化以及肾脏器官的大体形态变化；再通过“组织切片的制作、鉴定及应用虚拟仿真实验”学习掌握组织切片制作实验技术；最后，通过形态学高清数字切片教学系统对比观察疾病状态下的肾脏细胞组织形态的病理变化。在此模块，要求学生掌握急性肾衰动物模型制备方法，组织切片制作实验技能，在实验中提升实验思维，了解如何通过动物实验模型进行临床和科学研究。

2.4　课堂研讨

课堂研讨2学时，教师以临床病例或科学前沿的题目为牵引，启发学生综合本次实验涉及的知识和实验技术，分析解决实际问题，培养学员分析解决问题的能力和创新思维能力。首先，由教师提出研讨题目（在肾功能综合实验中，以“肾衰竭的终末期，通常会出现尿检异常，尿量改变；血压升高，血钾异常以及贫血等临床表现，结合本次课程内容分析尿毒症的发生发展和临床救治”为题目）；随后，学生以小组为单位分工协作，查阅资料，准备研讨材料。研讨时，一组率先阐述，其他小组进行辩证讨论，质疑、补充完善。教师全程引导，促使学生综合运用知识分析肾脏结构功能变化，思考对机体的整体影响。同时，引导学生辩证思考临床救治方法，鼓励其对救治和科研提出问题建议。通过研讨培养了学生创新思维能力，为医学人才培养奠定基础。

2.5　课外自主创新实验

以培养学生实践能力和创新思维为目标，教师在第一课堂的基础上，布置临床研究热点、科研前沿等开放性问题，鼓励学生开展课外自主实验。有开展课外自主实验意愿的学生提出申请，教学实验中心联合各基础医学学科教师，为学生分配导师，实行课外一对一（组）指导。学生在导师指导下确定实验内容后，可申请使用中心的本科生创新实验平台开展实验，借此为学生创造实践机会，有力推动本科生创新实践活动。

3　教学效果评价

3.1　课程成绩分析

改革前的基础医学综合实验沿用传统的实验内容和教学模式，按单个实验项目授课，全程由实验老师指导学生进行实体实验。改革后，按系统整合开展实验，并采用多层次和多学科的教学团队进行混合式教学。由于课时总量没有变化，改革后课堂内容增加了虚拟仿真实验和课堂研讨，相应的实体实验操作时间减少。为了评价课程内容整合和混合式教学改革的教学效果，我们对改革前后参与课程学习的学生成绩进行了对比分析。改革前后的期末考试方式和成绩组成一致，由50%的操作考试成绩和50%的理论考试成绩组成，其中理论考试主要考核学生对基础医学知识、实验技术的掌握情况和分析解决问题能力；操作考试主要考核学生对实验技能的掌握情况和实践能力。

随机选取2021级临床医学五年制本科一个班为试验组（采用系统整合的实验内容和混合式教学方法），选取2019级对应班级为对照组（采用传统实验内容和教学方法），比较两组学生的理论成绩、操作成绩和总成绩（表1），并采用SPSS 25.0进行独立样本t检验，检验水平α=0.05。

结果显示试验组理论成绩显著高于对照组，差异有统计学意义（P<0.01）；两组的操作成绩和总成绩，差异无统计学意义（P>0.05），提示课程整合后的混合式教学能够有效提高学生对理论知识的理解和掌握。虚拟仿真实验能够帮助学生快速掌握实验内容，提升实验效率[13]。在本课程改革中增加虚拟仿真实验，减少实体实验操作不影响学生对基本实验技能的掌握，但由于合并了部分实验内容，学生实体实验重复操作减少，在操作熟练程度上有所欠缺。研究证实，基于系统整合的混合式教学模式有效提升了学生的理论知识掌握水平和综合应用能力，同时保证了基础实验技能的掌握。

表1　两组学生成绩的比较（分，$\bar{x} \pm s$）

组别	理论成绩	操作成绩	总成绩
对照组-2019级（n=113）	73.23 ± 7.60	89.27 ± 8.50	81.27 ± 7.92
试验组-2021级（n=114）	76.99 ± 5.62	89.3 ± 8.95	83.38 ± 7.26
t值	4.24	0.02	2.10
P值	0.001	0.36	0.40

3.2　学生对课程的满意度调查问卷

为了解学生对综合实验课程改革中融合虚拟仿真实验和混合式教学的学习体验和收获，对2021级学生在学习兴趣、学习效果和能力提升方面开展无记名问卷调查，共收到114份问卷。对虚拟仿真实验学习的评价为：92.11%（105/114）的学生认为虚实融合的混合式教学模式有利于激发学习兴趣和积极性，91.23%（104/114）的学生认为加入虚拟仿真实验有利于对实体实验内容和实验技能的理解和掌握。学生认为通过本课程的学习，自己各项能力得到较大提升，其中团队协作能力91.23%（104/114），分析和解决问题能力78.95%（90/114），综合实验能力77.19%（88/114），医学职业素养69.3%（79/114），科研创新能力58.77%（67/114）。调查问卷的结果提示通过融入虚拟仿真实验系统整合课程内容及混合教学的模式得到了大多数学生的认可，能够激发学生的学习兴趣，帮助学生的掌握实验内容，提升综合能力。

4　结语

基础医学实验教学作为卓越医学人才培养体系的重要基石，在新医科背景下，基础医学快速向多学科交叉、系统整合方向发展。《基础医学综合实验》是一门培养学生综合实践能力的独立的实验课程，在医学教育中发挥不可替代的作用。我校基础医学教学实验中心积极探索教学创新，通过整合优质教学资源，将虚拟仿真实验与传统教学有机结合，构建了与系统整合课程相匹配的教学内容体系。在此基础上实施了“形态+机能+分子”的大综合实验和虚实融合的混合教学模式。这一模式优化了教学环节的时间和空间分配，不仅帮助学生更好地融会贯通基础知识和综合运用知识，还显著提升了学生的自主学习能力、实践能力和创新思维。

在此次教学改革中，学生对虚实融合的实验教学体验良好，教学效果相较于传统模式显著提升。然而，值得注意的是，虚拟仿真实验作为实体实验的延展和补充，可拓展实验教学的广度和深度，但无法完全模拟实际情况，在培养学生的实践能力、应变分析能力和严谨实验思维方面存在一定局限性。因此，在实验教学设计中不可过度依赖虚拟仿真实验，应根据教学目标和实验条件，将其与传统教学有机整合，使其互为补充、协同增效。随着新医科的不断推进，实验教学面临着更高的要求和更广阔的挑战。我校将加强教学资源建设和师资队伍建设，持续优化教学内容，探索教学模式，为推动高素质医学人才培养奠定坚实基础。

利益冲突　所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明　李轩、姚娟：教学实施、提出论文构思、撰写论文；杨艺、吴冰：教学实施、数据收集、数据分析；熊加祥：教学设计与实施；李红丽：教学设计与实施、组织教学改革与实施、审订论文

参考文献

[1] 张鸣号, 马婷, 李建宁, 等. 临床前基础医学综合实验教学体系的构建与实践：以国家级一流本科线上线下混合课程为例[J]. 宁夏医科大学学报, 2023, 45(11)：1166-1170. DOI: 10.16050/j.cnki.issn1674-6309.2023.11.016.

[2] 吴广延, 赵丹, 隋建峰, 等. “基础医学综合实验与实验设计”课程教学改革实践[J]. 中华医学教育探索杂志, 2022, 7(21)：823-825. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20200604-00910.

[3] 郭晓奎. 对新医科的理解与认识[J]. 中国大学教学, 2023(7)：4-10, 51. DOI: 10.3969/j.issn.1005-0450.2023.07.002.

[4] 楼建晴, 林海燕, 高铃铃, 等. 新医科背景下基础医学实验教学建设实践与探析[J]. 基础医学教育, 2023, 25(10)：890-893. DOI: 10.13754/j.issn2095-1450.2023.10.13.

[5] 黄嘉楠, 李晓宇. 新医科背景下基础医学学科的发展机遇及挑战[J]. 基础医学教育, 2024, 26(6)：533-536. DOI: 10.13754/j.issn2095-1450.2024.06.21.

[6] 王靓, 王舒舒, 夏丹, 等. 新医科背景下基础医学实验教学改革与实践[J]. 合肥师范学院学报, 2021, 39(6)：122-124.

[7] 熊宏齐. 国家虚拟仿真实验教学项目的新时代教学特征[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(9)：1-4. DOI: 10.16791/j.cnki.sjg.2019.09.001.

[8] 章喜明, 李锦新, 朱晓琴, 等. 基于虚实结合的基础医学虚拟仿真实验教学平台构建与应用[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(10)：273-276. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7167.2019.10.065.

[9] 许燕, 李沛, 张善锋. 信息技术与实验课程整合在基础医学教育中的应用[J]. 医学教育管理, 2022, 8(4)：452-455, 478. DOI: 10.3969/j.issn.2096-045X.2022.04.015.

[10] 吴广延, 姚娟, 隋建峰, 等. 光遗传学技术及其虚拟仿真实验的脚本设计[J]. 中华医学教育探索杂志, 2019, 18(1)：58-61. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2019.01.012.

[11] 徐红梅, 李轩, 隋建峰, 等. 基于协同创新理念的基础医学实验教学中心建设研究[J]. 中华医学教育探索杂志, 2019, 18(7)：706-709. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2019.07.014.

[12] 祝宁侠, 陈健, 王勇, 等. “实践赋能, 创新驱动”的整合实验教学体系构建：以桂林医学院基础医学实验整合课程为例[J]. 医学教育管理, 2022, 8(1)：12-16. DOI: 10.3969/j.issn.2096-045X.2022.01.003.

（收稿日期：2025-03-28）
（本文编辑：唐宗顺）